園藝作物抗蟲育種

陳炳輝
台灣省農業試驗所應用動物系

前言

園藝作物是近年來本省推展精致農業之主力，其重要性至爲明顯，雖然種類繁雜，但以果蔬類提供人類營養所需之維他命與礦物質來源，而與日常民生息息相關。過去爲維持高產量、高品質之果蔬生產，一直依賴化學藥劑以防治病蟲害，但因此提高生產成本，且長久以來，造成害蟲產生抗藥性、農藥殘毒污染環境、危及人畜等問題。因此，園藝作物抗蟲研究發展便日趨受重視。欲發展抗蟲作物，必須瞭解作物與害蟲間之相互關係、抗性來源，從抗蟲作物之外部形態、內部生化及遺傳基礎上去探討。而瞭解抗性機制後，可引導正確之選育方法，以育成抗蟲品種。雖然園藝作物抗蟲研究工作，本省目前尙未萌芽，然而將來之發展亦屬必然之趨勢。本文討論抗蟲研究之基本理論與實例、目前在國外之發展概況，俾提供相關工作人員之參考。

作物抗蟲研究發展之歷史沿革

作物抗蟲(plant resistance)研究之發展，可溯自早期應用昆蟲學開始。最典型之例子是葡萄根瘤蚜(Grape phylloxera)之抵抗性研究，發現美國品種具極抗性，而歐洲品種則極感蟲，而根瘤蚜當時對法國之葡萄與釀酒業造成空前之威脅，自美國引進抗該蟲之品種後，終於挽救當時法國之製酒業。另一個早期(1831)的例子是，一種蘋果品種Winter Majetin，被發現對一種蚜蟲，Woolly apple aphid，具抗性。這些顯著之成功先例，使得對作物抗蟲方面之知識逐漸累積，而發展成爲應用昆蟲學上重要之一環。

作物抗蟲研究之發展大概可區分三個時期：二次世界大戰以前；二次大戰後至西元1960年初期；及目前環保意識覺醒時期。二次大戰以前之研究，著重於作物育種與昆蟲研究人員之合作，，來改進品種。二次大戰後則大多數蟲害防治工作者，明顯的自昆蟲生物學及昆蟲與寄主作物間交互作用之研究，轉移至有機化學藥劑之開發。此時期從事抗蟲研究陷入最低潮。到西元1960年代末期，由於害蟲抗藥性之產生，與施藥對環境污染等問題，造成研究方向轉至綜合防治體系(integrated system of pest control)。蟲害防治工作人員體認到過去偏重化學防治並不能解決問題，而重新加强對其他防治方法之研究，包括作物抗蟲性。我們可從此項研究報告之數量看出其發展過程。

時　期	報告篇數	每年篇數
1792～1920	37	0.3
1921～1930	57	5.7
1931～1940	163	16.3
1941～1950	>1000	100.0
1951～現在		至少100.0

抗蟲研究名詞與定義

1.抗蟲性(insect resistance)：

根據 Painter 博士之解釋，爲一種相對的，可遺傳的特性。 能影響害蟲爲害之最後程度。換句話說，抗蟲性係表示某一作物品種，在相同的爲害情形下，有能力比感性品種生產出質量更佳的產品來。

2.從抗蟲性程度(levels of resistance)可分爲下列數種情況：

(1)免疫(immunity)：在任何情況下，具此特性之作物永不受某特定害蟲取食爲害。

(2)極抗(high resistance)： 表示一種作物品種，在某種情況下，受某特定害蟲取食後，僅造成些微損失。

(3)中抗(moderate resistance)：介於極抗與稍抗之間。

(4)稍抗(low resistance)：表示一種作物品種，受某特定害蟲取食後，比該種作物之平均受害程度爲低。

(5)感蟲(susceptibility)：表示該品種受害程度比該作物之平均受害程度爲高。

(6)極感蟲(high susceptibility)：表示該品種受某特定害蟲取食爲害之程度， 遠高於該種作物之平均受害程度。

另外，環境因子的影響亦不可忽視，某些與抗性有關但並不具遺傳特性之現象，稱爲假抗性(pseudoresistance)。由於感蟲品種之某一特性發生移轉所造成而表現出抗性，一般分爲三型：

(1)逃避現象(host evasion)：某種環境下，作物可能很迅速的渡過其最易受害之生長期以避開受害，如早熟品種即是。如欲測定此早熟品種是否具眞抗性，則將之晚植即可得知。

(2)誘導抗性(induced resistance)：適用於當作物本身或環境情況有所改變時，所造成之暫時性抗蟲反應。

(3)免除現象(escape)：適用於當某品種之栽培環境缺少蟲害發生時。所以，當在感蟲品種之族群中，看到某些未受害之植株，未必表示其具抗性。

3.抗性機制(mechanisms of resistance)：可分爲三類：

(1)非偏好性(nonpreference)或抗棲性(antixenosis)：當蟲子在覓食、棲息時， 對某作物品種呈負性或完全避開之反應行爲。換句話說，蟲子不以該品種植株爲良好之寄主。

(2)抗生性(antibiosis)：可使取食之害蟲產生不良影響。如存活率、發育與繁殖等降低。

(3)忍受性(tolerance)：某作物品種在受相當數量害蟲取食、棲息時， 有能力去承受其爲害，而在相同之害蟲密度下，感蟲品種則造成嚴重之損失。

有時候，對某種抗性現象，很難武斷而明顯區分其抗性機制究屬那一種，因爲有可能同時存在並互相交感而强化其抗性現象。譬如某品種可能對某害蟲同時具有非偏好性與抗生機制。

此外，一些常見之抗性名詞有：

(1)垂直式抗性(vertical resistance)或專一抗性(specific resistance)：僅對某種害蟲之部分生理小種具抗性。

(2)水平式抗性(horizontal resistance)或一般抗性(general resistance)： 對某些害蟲所有生理小種均具抗性。

(3)過敏性抗性(hypersensitive resistance)：一種迅速反應表現在使受害部位壞死， 使感染源不活化，而僅局部受害。

(4)成株型抗性(adult plant resistance)：抗性不在幼期顯現，而在成株後才表現出來，具此型抗性者，常包含有水平抗性存在，但具水平抗性者並不均是成株抗性者。

(5)青春期抗性(juvenile resistance) 亦常稱爲苗期抗性(seedling resistance)： 顧名思義，抗蟲性表現在苗期， 此現象往往被用來分辨垂直與水平抗性間之不同。 如玉米植株 DIMBOA 含量隨植株生長而遞減， 此正與玉米株在初生期比生長後期更抗玉米螟之現象相關。

(6)田間抗性(field resistance)：即在田間之抗性表現與在室內者截然不同。此種現象很可能與前述之幼期與成株型抗性有關，也可能與該地局部性的某種害蟲生物小種之發生有關，有可能也包含有抗生、抗棲及容忍性等三種抗性機制。

(7)多重抗性(multiple resistance)： 具此抗性之作物品種，可免於受多種病蟲害之爲害。亦即該品種集抗各種病蟲害之抗性基因於一身。 例如苜蓿 (alfalfa) 之一個合成品種，Kanza，具有抗一種細菌性萎凋 (bacterial wilt)、二種蚜蟲 (spotted alfalfa aphid 與Pea aphid)之特性。

另外，從抗性基因之遺傳模式來分，作物抗蟲現象亦可分下述三類：

(1)單基因抗性(monogenic resistance)：抗性是由單一因子所控制。

(2)寡基因抗性(oligogenic resistance)：抗性由少數因子所控制。

(3)多基因抗性(polygenic resistance)：抗性是由許多因子所控制。

以上單基因及寡基因抗性，通常稱爲主效因子抗性(major gene resistance)，而微效因子抗性(minor gene resistance)，常被視爲多基因型抗性之同義詞。

4.生物小種(biotype)：

其定義爲，某種害蟲之個體或群體，其在外部型態上與同種之其他個體或群體無異，但能爲害抗後者之抗性品種，使之變成感蟲，此種個體或群體即爲該種害蟲之生物小種。易衍生生物小種之抗性品種，其抗蟲機制往往屬抗生機制者。

作物抗蟲研究之利用與在IPM之角色

作物抗蟲研究最主要之目的在育成作物品種非但抗蟲且又具高產量、高品質之特性，而欲利用抗蟲品種以前，首先須瞭解其優劣點，做爲決定蟲害防治方法之參考。

1.優點：

(1)經濟：對於農民來說，唯一之花費在購買種子，而栽種一般品種，除種子花費外，尚須施藥。

(2)無危險性(nonhazardness)： 與化學防治相比，並不會發生施藥時，常造成之中毒、污染環境等問題。

(3)可降低害蟲密度：即使是低抗品種，仍能對害蟲族群之增長有所抑制。

(4)對於棲息在該品種上之其他非標的生物個體之干擾較小：由於一般作物品種，其抗性均較專一性，故對其他益蟲之影響較小。

(5)易與其他防治法相容。

2.缺點：

(1)較耗時(time consuming)：由於與育種有關，因此往往需數年時間去育成抗蟲品種，等育成時其標的害蟲有可能已不具經濟重要性。

(2)因爲抗性係專一(specific)：而僅對某一種害蟲具抗性，對其他種害蟲可能極感。

(3)抗蟲品種之遺傳變異較窄：因爲抗性來源，可能僅來自單一品系而已。

(4)生物小種之問題：抗蟲品種推廣後，其抗性能持續多久？視作物害蟲之不同而異。

而抗蟲作物在蟲害管理體系(IPM)中之角色，可分爲下列數種情形：

1.當作主要之害蟲防治方法：

(1) 當沒有其他防治方法可用時。

(2) 不容許有任何農藥殘毒時。

(3) 當害蟲或其爲害性狀難予觀測評估時。

2.配合化學防治法：

3.配合生物防治法：

發展作物抗蟲研究之工作條件

1.團隊合作制度之建立(team approach)：

成員包括育種、昆蟲、遺傳、農藝及病理等有關人員，各職所司。成員間相互接觸、討論以達成目標。譬如，育種者負責收集不同種源，並將抗蟲因子導入農藝性狀佳、可被接受之品種中。而昆蟲人員則負責設計、執行種源之抗蟲檢定工作，並維持飼育害蟲族群隨時供應。

2.文獻資料之收集(literature survey)：

各成員儘可能從期刊及各種資料來源收集相關資料，並互通有無。

3.有完整的標的害蟲與作物之資料：

如對害蟲之分類地位、生活史(life cycle)、生理、形態、地理分佈、寄主範圍(host range)、遺傳、天敵種類及飼育技術(rearing technique)等。而對作物之外部形態、繁殖方式、生長習性、地理起源與分佈、遺傳分類地位及經濟重要性等均須充分瞭解。

4.檢定抗性種源之建立：

包括田間檢定圃之設立與室內檢定二種，各有其相對的必要性及優缺點，最好二者均備。一般來說，田間檢定圃之優點，在於自然發生之害蟲族群，不須檢定人員花時間做人工接

蟲工作，能檢定大量之品系材料，而且田間之害蟲族群最具代表性，檢定之結果正確性可靠，較能眞正反應害蟲與供試作物品種(系)間之交互作用。而其缺點，則爲每年害蟲發生之程度無法掌握預測，且田間害蟲之分佈亦難均勻，故結果之誤差變異較大，受外在因子影響較大。而且如果害蟲僅年生一代，則須在極短之時間，把握住衆多材料之檢定工作，執行上負荷恐過重。

相反的，室內檢定之優點，則是全年均可進行，不受時空之限制，害蟲族群可控制，減少供試材料發生免除(escape)，造成假抗性現象。而且害蟲與供試材料之最適期可相配合，可控制環境因子之影響至最小，而得到最正確之害蟲與作物間關係。缺點則是室內飼育之蟲子，因缺乏自然環境之選汰，較難代表田間之自然族群，而室內飼育之害蟲族群密度往往過高，易受病感染，維持族群不易。

目前研究現況

1.抗蟲機制(mechanism of resistance) 之探討：

據 Kennedy 博士調查統計得知，研究人員至少對 23種蔬菜類進行抗蟲性相關研究。這些蔬菜種類有:豆類(Beans)、胡蘿蔔、十字花科類如甘藍、花椰菜等，瓜類(Curcurbits)、萵苣、豌豆、茄科蔬菜(Solanaceous vegetables)包括茄子、馬鈴薯、番茄等。部分之抗蟲機制也已做了探討，屬於抗生作用的有：茄子(*Solanum melongena*)對一種葉蟬(Leafhopper)，*Amrasca biguttula*；番茄(*Lycopersicon esculentum*)對番茄葉蛾(*Heliothis zea*)及一些葉蟎(Spider mites)；豌豆(*Pisum sativum*) 對豆蚜(*Acyrthosiphon pisum*)；豆類(*Phaseolus vulgaris*)對豆象(*Acanthoscelides obtectus*)；甘藍對甘藍擬尺蠖(*Trichoplusia ni*) 等。在番茄對葉蟎之抗生作用爲使後者之雌蟎生殖力大爲減低，其他抗生現象有的表現出使害蟲之幼蟲體重減輕，或使其發育期延長等。

屬於非偏好性(nonpreference)之抗性機制者有：甘藷(*Ipomoea batatas*)對地下害蟲如蟻象(*Cylas formicarius*)；黃秋葵(*Abelmoschus esculentus*)對一種葉蟬(*Empoasca devastans*)；豆類對一種葉蟬(*E. Kraemeri*)； 抱子甘藍(brussels sprouts)對一些鱗翅類害蟲，及蕪菁(turnip)對蕪菁蚜蟲等。而在某些蕪菁品系也對蚜蟲表現出忍受性(tolerance)。

果樹研究方面，葡萄抗根瘤蚜蟲係屬於非偏好性反應。而蘋果抗蚜蟲則爲抗生作用，因爲蚜蟲在極抗之蘋果上取食後，無法繁殖下一代。蘋果對蘋果蛾(Codling moth)之抗性機制未知，但梨對其抗性與抗生作用有關。屬於忍受抗性的有桃樹螟蟲(*Sanninoidea exitiosa*)。

2.抗性來源(sources of resistance)

欲抗蟲育種成功端視是否有效、簡單而可靠之方法以檢定測試抗蟲種源。一般來說，種源(germplasm)可在田間篩選或室內檢定。通常是先在田間篩選，將大量之感蟲材料淘汰，表現良好者，再於室內接受檢定，並進一步測試是否具抗生作用。進行室內測定必須注意以下各點：

(1)考慮到室內栽種之作物生育狀況。

(2)對於標的害蟲之生物學、生態行爲、取食、產卵、移動、存活率等，必須充分瞭解。

(3)供接種蟲源蟲期須一致均勻。

(4)受檢種源之生育期須一致且適期，並包括許多不同之來源。

接種後，按供試種源之反應或害蟲之族群變化等結果，以評定受檢各品系之抗性或感蟲等級。所收集之供試種源，通常應包括野生種、當地品系、新、舊栽培品種以及一些高級品系。下列將討論不同作物對抗蟲來源之研究現況：

A.茄科作物(Solanaceous crops)：

(1)*Solanum* 屬之種類：

馬鈴薯(*S. tuberosum*)之抗蟲性比較低，較少利用價值，大多數之抗性都源自野生種。從南美阿根廷與秘魯收集之種源，發現 *S. brachistotrichum* 對桃蚜具抗性。此外有六種具低度抗性。茄子(*S. melongena*)也是 *Solanum* 屬之重要作物， 受螟蟲爲害至鉅。篩選抗蟲結果顯示，栽培品種當中無一具抗性者，但野生種，*S. Khasianum*，則具抗蟲性。

(2)番茄屬 *Lycopersicon* 種類：

番茄夜蛾(*Heliothis armigera* 與 *H. zea*)係最嚴重之害蟲，其初齡與二齡幼蟲囓食番茄葉片，三齡以後則侵入果實爲害。篩選大量種源結果發現*L. hirsutum* f. *glabratum* 對 *H. armigera* 具高度抗性。而在篩選 1,030個所收集到之番茄(*L. esculentum*)種源中，一個品種(Ting Tim)對 *H. Zea* 之感蟲性最小，取食具抗性品系之夜蛾幼蟲，其存活率與發育情形均受影響。

潛葉蠅類 (*Liriomyza* spp.)亦是番茄之重要害蟲。供試品系中， PI 126449 較具抗性，其葉片較少被潛蠅爲害。

對於粉蝨 (Whitefly) 之抗性檢定結果，發現 *L. hirsutum*、*L. hirsutum* f. *glabratum* 以及 *L. pennellii* 表現高度抗性，*L. hirsutum* f. *glabratum* 之抗性，已經由回交法轉至栽培品種，*L. esculentum*。有關 *Lycopersicon*屬之抗蟲來源請見表 2所示。

B.豌豆(Peas)與豆類(Beans)：

葉潛蠅、豆蚜 (*A. pisum*)及豆象鼻蟲 (*Sitona lineatus*) 係豌豆最重要之害蟲。對 *Pisum sativum* 的不同品系進行篩選發現 LMR4、LMR10 及 LMR20 對潛蠅之抗性較好，餘皆感蟲。 Peso 等人篩選品系對象鼻蟲之反應，發現一些 PI 品系如 PI 196027、244241及280612等具抗性。

而豆類 *P. vulgaris* 對豆莢象鼻蟲(*Thanatephorus cucumeris*)之抗性檢定結果，數個品系 'Bat 1235'、'S 6038'等具容忍性。在 1,075個 *P. vulgaris* 品系對普通豆象鼻蟲(*A. obtectus*)之反應時，發現大多數均爲感蟲，而多數之野生種品系則爲抗性。

C.瓜類(Cucurbits)：

抗蟲研究工作主要著重於甜瓜 *Cucumis melo*，胡瓜*C. sativus*及南瓜*Cucurbita moschata* 等作物種類。瓜實蠅 (*Dacus cucurbitae*)是主要之害蟲。幾乎所有的網紋甜瓜(muskmelon) 均爲感蟲，僅野生種 *Cucumis callosus* 發現抗性。對瓜蚜之抗性檢定，發現 " Home-garden" 甜瓜具抗蚜性，另一品系之蚜蟲棲息數目，在田間與室內均比標準品種爲少。在800個胡瓜(*C. sativus*)品系中，表現出抗二點葉蟎的品系有 PI 220860 等 9

個品系。

D.十字花科類(Cole crops)：

有關抗蟲之研究較多，如抱子甘藍、甘藍、花椰菜等抗蚜蟲(*Brevicoryne brassicae*)、擬尺蠖蛾(*Trichoplusia ni*)、甘藍螟蛾(*Mamestra brassicae*)及紋白蝶 (*Pieris rapae*)等。抱子甘藍的一種紅葉品種"Rubin" 比綠葉品種較抗紋白蝶與甘藍螟蛾。而某些品種對蚜蟲之忍受性較高，受害後有能力迅速復原。在甘藍方面紅色品種Storage red 4004抗紋白蝶，而 PI 296133 與 PI 302985 二品系則抗擬尺蠖。在花椰菜方面， PI 234599與 PI 343483 二個品系抗擬尺蠖與紋白蝶。

遺 傳 研 究

研究園藝作物抗蟲性之遺傳，通常亦將抗蟲品系(種)與感蟲者交配，所得之F_1、F_2與回交後代，進行接蟲檢定，計數分離後代之受害與健株之數目，以供估測其抗性係由幾個與何種基因所控制。儘管抗蟲之作物不少，但僅有部分能進行其抗性之遺傳研究，最主要的原因在於抗蟲性普遍低，因而較難分辨抗或感蟲。另外往往害蟲飼育不易，無法大量飼育，供應人工接蟲以檢定分離後代用，因此影響到抗性之遺傳分析。

在蔬菜類，作物抗性遺傳研究主要以番茄(*Lycopersicon* spp.)、瓜類(Cucurbits)、cowpea等。番茄的一種，*L. hirsutum* f. *glabratum*、已知對番茄夜蛾 *H. zea* 具抵抗性，對此種害蟲呈高度抗生性。經抗性遺傳分析，得知此抗生作用係由隱性因子(recessive factor)所控制，該種番茄對另一種夜蛾 *H. armigera*之抗性遺傳研究顯示，其分離後代並沒顯現清楚的遺傳比率，因此可証明其對 *H. armigera* 之抗性係由二個因子以上所控制。

甜瓜的一種育成品系 LJ 20234，對棉蚜(*Aphis gossypii*)表現容忍抗性(Tolerance)、遺傳分析結果，得知此抗性係由一個顯性之單一因子所控制，該因子經命名爲 Ag因子，而 LJ 90230品系對 *A. gossypii*之容忍抗性因子則較複雜。而甜瓜對瓜實蠅之感受性，已知係由二個互補之顯性因子所控制。在南瓜(summer squash)抗椿象(squashbug)之遺傳研究發現F_1呈感蟲反應，而F_2則表現出連續性變異，此顯示抗南瓜椿象係由數量因子(quantitative factors)所支配，這些因子之數目估計約在3～6個之間，而至少是 3 個以上。同樣的，南瓜抗黃條葉蚤 (Striped cucumber beetle)亦由數量因子所控制。蘋果抗蚜蟲(Woolly apple aphid)以及Raspberry 抗蚜蟲之抗性均由單一顯性基因所控制。而草莓抗二點葉蟎之抗性，則由許多因子所控制。

作物外部形態之抗性

作物之某些外部形態特徵能影響害蟲之發生，這些特徵可加以利用。現依作物種類分述如下：

1.茄科作物之茄屬(*Solanum*)種類：

S. berthaultii 之有腺細毛(Grandular trichomes)，密佈於葉片及枝幹上，可當作對桃蚜(Green peach aphid) 與馬鈴薯葉蟬(Potato leafhopper) 之防禦工具，此種特徵可轉移至一般馬鈴薯品種(*S. tuberosum*)，此種分佈在 *S. berthaultii*葉部之 B 型細毛，可干

擾桃蚜之取食，其分泌物可降低桃蚜之傳病率。而從此細毛分泌出之黏液，能捕捉蚜蟲，使之死亡。具此種能捕捉蚜蟲之細毛，能在 *S. tuberosum* 與 *S. berthaultii* 之雜交種出現。因此，利用此由單因子顯性之野生馬鈴薯抗蟲特性於一般馬鈴薯品種上，似乎可行。

2.番茄屬 (*Lycopersicon*)之種類：

野生 *Lycopersicon*種類之有腺細毛在抗蟲上佔很重要之角色。*L. hirsutum*之細毛長且密，抗許多種害蟲。其他*Lycopersicon*屬種類之有腺細毛對科羅拉多馬鈴薯甲蟲 (Colorado potato beetle) 、粉蝨(White fly)、煙草葉蚤(Tobacco flea beetle)、 馬鈴薯蚜蟲及二點葉蟎等均具抗性。番茄抗夜蛾(*H. armigera*) 幼蟲之部位在果實外皮附近，根據觀察，夜蛾幼蟲之發生密度與果實外皮長度、花萼之質地及花數有關。一般而言，小果實加工用品種受害較輕，而大果實品種往往受害嚴重。

3.豌豆類：

細毛數及密度與抗蟲性成正比。在 *Vigna unguiculata* 豆莢之厚度與豆象鼻蟲之穿入呈負相關，而品種間之厚度差異頗大。鈎狀細毛 (hook trichomes) 對害蟲是一物理障礙。豆類之有鈎細毛對葉蟬等體質較軟之害蟲可造成穿刺等傷害。 Pillemer 和 Tingey 發現此有鈎細毛可穿刺馬鈴薯葉蟬近腿節處之腹部組織，而具抗性。

4.瓜類：

具光滑葉面之品種比具絨毛者對瓜類之一種害蟲 Pickleworm 較具抗性，原因是該害蟲成蟲在光滑品種產卵較少。此種非偏好性反應，可能與光滑葉面對害蟲產卵無法產生觸覺性刺激 (tacticle stimulus)有關。在南瓜屬 (*Cucurbita*)之種類，維管束硬者受南瓜螟蛾 (Squash vine borer)幼蟲食害減少而抗性較強。

5.十字花科類 (Cole crops)：

色澤、腊質或光滑葉面對害蟲之抗性反應因作物與害蟲之種類而異。如具腊質葉面之抱子甘藍品種較少受葉蚤 (Flea beetle) 之取食。相反的，具腊質之一種芥藍 (Marrow-stem kale)易受蚜蟲與粉蝨之爲害。

6.果樹類：

絨毛(pubescence)較疏之草莓品系比密生絨毛者，較少受二點葉蟎之棲息。但相反的，黑醋栗(blackcurrant)絨毛密生的品種，受蟎害較輕。因此，絨毛之多寡與抗性反應，隨作物與害蟲之不同而異。

抗性之生化原理

比較著名之例子是由野生番茄 *Lycopersicon hirsutum f. glabratum* (PI 134417) 所分離鑑定之二種成分， 是該野生品種抗多種害蟲之主因。從其有腺細胞分泌物所含之一種非生物鹼(Nonalkaloid) 物質，2-tridecanone，比普通番茄品種高出很多倍，對害蟲具毒害之抗生作用。另一種物質爲屬於生物鹼之α-番茄素(α-tomatine)。實驗證明，其對番茄夜蛾幼蟲及寄生天敵均具毒性，α-tomatine隨果實成熟而減少。分析發現，在野生之 PI 134417 番茄，每公斤生果含3390毫克之α-tomatine ，而栽培品種僅 5毫克。瓜類之 Cucurbitacin 含量與害蟲蟎之發生有關，因此，選擇該成分較低之品種，以育成對害蟲具非偏好性之抗性品種。此外，在十字花科

作物所含之 sinigrin ，證明對桃蚜有干擾取食之作用等，均是抗蟲性之生化分析研究結果。在果樹研究方面，草莓抗二點葉蟎與其所含一種醇類 farnesol 之低濃度有關。而抗木蝨梨苗之篩管細胞液之 pH 值比感蟲品種為低。

育 種 方 法

抗蟲育種之方法有許多，與抗病育種法相近。普通以回交法將抗蟲基因從給體親(donor parent)轉移至栽培品種。有一些實例，如野生番茄 *L. hirsutum* f. *glabratum*抗粉蝨(Whitefly)之特性轉移至栽培品種上，第一次回交後代品系，除具許多番茄之園藝特性外，也同時有抗蟲性。萵苣(*Lactuca sativa*)抗葉蚜(*Nasonovia ribisnigri*)之育種，係以種間雜交(Interspecific hybridization)與回交法將抗蟲基因從野生萵苣(*L. virosa*)轉移而來。

Table 1. Sources of resistance to insect pests of potato

Insect pest	Source
1. Colorado potato beetle	*S. chacoense*
	1115 X and 1421 X
	'Culinary 19'
	S. chacoense ; *S. chacoense* f. *boergeri*;
	S. jamerii; *S. demissum*
	'L' vov White; 'Culinary 19'
	S. berthaultii
2. Aphid	*S. polyadenium*; *S. berthaultii*
	'Alpha A'
	S. canasense;
	S. multidissectum
	S. sanda roses
	Six clones
	S. bulbocastanum

Table 2 Sources of resistance to insects and mites in *Lycopersicon*

Common name	Scientific name	Sources of resistance
Colorado potato beetle	*Leptinotarsa decemlineata*	*L. hirsutum*
Fruit borer	*Heliothis armigera*	*L. hirsutum*; *L. hirsutum* f. *glabratum*
	H. zea	*L. hirsutum* *L. hirsutum* f. *glabratum*
Leaf miner	*Liriomyza munda*	*L. hirsutum*; *L. hirsutum* f. *glabratum*
	L. sativae	Pearson VF 6 *L. hirsutum* f. *glabratum* and *L. hirsutum*
Pinworm	*Kieferia lycpersicella*	*L. cheesmanii* f. *minor*; *L. glandulosum*; *L. hirsutum*
Potato aphid	*Macrosiphum euphorbiae*	*L. peruvuanum*; *L. pennellii*
Tobacco flea beetle	*Epitrix hirtipennis*	*L. hirsutum* f. *glabratum*; PI 126449 ; *L. hirsutum*
Tobacco hornworm	*Manduca sexta*	*L. hirsutum* f. *glabratum*; PI 134417, PILA 407
Greenhouse whitefly	*Trialeurodes vaporariorum*	*L. hirsutum*; *L. hirsutum* f. *glabratum* *L. pennellii*
Whitefly	*Bemisia tabaci*	'Red Cloud,' Strain B, *L. hirsutum* f. *glabratum*
Carmine spider mite	*Tetranychus cinnabarinum*	*L. hirsutum* PI 126449; *L. hirsutum*; *L. hirsutum* f. *glabratum*; *S. pennellii*
Two-spotted spider mite	*T. urticae*	*L. hirsutum* f. *glabratum*; *S. pennellii*

參 考 文 獻

1.Daubeny, H, A, 1983. Insect, mite, and nematode resistance. p.216～241. In：Methods in fruit breeding. Moore, J.N., & J. Janick (eds.), Purdue University Press, W. Lafayette, 464 pp.

2.Dickson, M. H., and C. J. Eckenrode. 1980. Breeding for resistance in Cabbage and Cauliflower to cabbage looper, Imported Cabbageworm, and diamondback moth. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105：782～785.

3.Frey, R. L., and F. P. Cuthbert, Jr. 1975. Antibiosis in *Lycopersicon* to the tomato fruitworm (*Heliothis zea*). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100：276～278.

4.Kalloo. 1988. Insect resistance in vegetable crops. p. 95～140. In： Vegetable breeding Vol.Ⅱ. edited by Kalloo, CRC press, Boca Raton, 213 pp.

5.Kennedy, G. G. 1978. Recent advances in insect resistance of vegetable and fruit crops in North America：1966～1977. Entomol. Soc. Amer. Bull. 24：375～384.

6.Maxwell, F. G. and P. R. Jennings. 1980. Breeding plants resistance to insects. Wiley & sons, New york, 683 pp.

7.Painter, R. H. 1951. Insect resistance in crop plants. The Macmillan, Co., New York, 520 pp.

8.Painter, R. H. 1958. Resistance of plants to insects. Ann. Rev. Entomol. 3：267～290.

9.Raman, K. V., W. M. Tingey, and P. Gregory. 1989. Potato glycoalkaloids：effect on survival and feeding behavior of the potato leafhopper. J. Econ. Entomol. 72：337～341.

10.Reinink, K. and F. L. Dieleman. 1989. Comparison of sources of resistance to leaf aphids in lettuce. Euphytica 40：21～29.

11.Rushell, G. E. 1978. Plant breeding for pest and disease resistance. Butterworth, London, 485 pp.

12.Tingey, W. M. 1980. Breeding for Arthropod resistance in vegetable. p.495～522. In：Biology and breeding for resistance to arthropods and pathogens in agricultural plants. edited by M. K. Harris, Texas A & M University, pp 605.